Сочиненія Гельмгольца

№ 5

Взаимодѣйствіе силъ природы.

Изданіе **М. Филиппова.**

(Редакціи „Научнаго Обозрѣнія“).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія А. Пороховщикова, Бассейная, № 3—5.
1897.

Гельмгольц, Герман.

Сочиненія ГЕЛЬМГОЛЬЦА

№ 5

ВЗАИМОДѢЙСТВІЕ СИЛЪ ПРИРОДЫ.

Изданіе М. Филиппова.

(Редакціи „Научнаго Обозрѣнія“).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія А. Пороховщикова, Бассейная, № 3—5
1897.

О взаимодѣйствіи силъ природы.

Гельмгольца (пер. Л. Левенстерна).

Когда средніе вѣка отошли въ область прошедшаго и въ исторіи науки наступила новая эра, особенно быстро стало подвигаться впередъ естествознаніе, а параллельно съ нимъ и нѣкоторыя практическія искусства: одно изъ нихъ,—практическая механика,—опираясь на математическую науку того же названія, дѣлало особенно быстрые успѣхи. Но характеръ практической механики того времени значительно отличался отъ теперешняго ея характера. Опьяненные первыми успѣхами, механики уже не сомнѣвались въ возможности рѣшенія самыхъ трудныхъ задачъ и вопросовъ,—и немедленно принялись за самыя сложныя и запутанныя задачи этого труднаго искусства. Такъ, прежде всего они съ большимъ рвеніемъ принялись строить механизмы по образцу организмовъ животнаго и человѣка, такъ называемыхъ автоматовъ. Чудомъ прошлыхъ столѣтій были устроенный нѣкіимъ Вокансономъ механизмъ, представлявшій собой утку, которая могла ѣсть и переваривать съѣденное, а также другой, изображавшій флейтиста, который правильно двигалъ пальцами; знамениты также были „писецъ", устроенный Дрозомъ старшимъ, и „піанистка" Дроза младшаго,—послѣдняя во время игры слѣдила глазами за своими пальцами, а по окончаніи игры вставала и кланялась публикѣ. Кажется непонятнымъ, какимъ образомъ люди какъ вышеупомянутые Вокансонъ и Дрозы, талантливость которыхъ нисколько не ниже самыхъ прославленныхъ изобрѣтателей нашего столѣтія, могли потратить такое количество времени и труда на устройство этихъ автоматовъ, представляющихъ собою въ нашихъ глазахъ лишь дѣтскія игрушки; но, очевидно, они надѣялись рѣшить эту задачу механики въ ея серьезномъ, истинномъ смыслѣ. „Писецъ" Дроза старшаго показывался въ Германіи въ сороковыхъ годахъ нашего столѣтія. Его механизмъ настолько сложенъ, что даже для недюжинной головы требуется много труда, чтобы только понять его устройство. Если принять во вниманіе, что этотъ „писецъ" и механикъ, устроившій его, были заподозрѣны въ черной магіи и вынуждены провести долгое время въ темницѣ испанской инквизиціи, и что только съ трудомъ удалось оправдать ихъ, то легко

догадаться, что сходство этихъ игрушек [illegible] мъ уже въ то время было достаточно велико, чтобы [illegible] омнѣніе въ естественности ихъ происхожденія. И хотя [illegible] ники, быть можетъ, и не надѣялись вложить въ свои творен[illegible] душу, исполненную нравственныхъ совершенствъ, однако, всякій охотно согласился бы обойтись безъ нравственныхъ достоинствъ своихъ лакеевъ, если бы при этомъ можно было устранить ихъ недостатки и пріобрѣсти точность машины и прочность мѣди и стали взамѣнъ тлѣннаго мяса и костей. Итакъ, цѣль, къ которой стремились и, нѣтъ сомнѣнія, стремились совершенно серьезно изобрѣтательнѣйшіе люди прошлыхъ столѣтій, была выбрана очень смѣло, и они преслѣдовали ее съ энергіей и талантливостью, не мало содѣйствовавшими развитію вспомогательныхъ отраслей механики, при помощи которыхъ позднѣйшее время, работая въ болѣе благодарномъ направленіи, сумѣло достигнуть значительныхъ результатовъ. Теперь мы уже болѣе не стараемся построить машину, способную исполнять *тысячи* различныхъ услугъ *одного* человѣка, а, напротивъ, стремимся къ тому, чтобы машина могла замѣнять *тысячи* людей, исполняющихъ *одно и тоже дѣло.*

Изъ стремленія построить механизмъ по образцу живого человѣческаго организма возникла впослѣдствіи,—также по недоразмѣнію,—другая идея, которая явилась новымъ философскимъ камнемъ семнадцатаго вѣка. Идея эта заключалась въ устройствѣ „perpetuum mobile“. Подъ „perpetuum mobile“ разумѣютъ механизмъ, который постоянно сохраняетъ свое движеніе, черпая безпрерывно двигательную силу изъ самого себя,—механизмъ, который не нужно заводить, и для приведенія въ движеніе котораго не требуется ни вѣтра, ни падающей воды, ни какой-либо другой силы природы. Животныя и люди соотвѣтствовали, казалось, по существу идеѣ такого аппарата: пока они живы, они двигаются, хотя никто не заводитъ ихъ и не побуждаетъ къ движенію. Соотношенія между питаніемъ и развитіемъ энергіи тогда еще какъ слѣдуетъ не понимали. Питаніе казалось необходимымъ только для того, чтобы смазывать колесики животнаго организма, замѣнять израсходованныя частицы его новыми и поправлять попорченныя. Способность производить энергію изъ самого себя казалась самой существенной особенностью живого организма,—квинтъэссенціей органической жизни; слѣдовательно, для того, чтобы построить живой автоматъ, надо было сначала изобрѣсти „perpetuum mobile“.

Кромѣ того, было и еще одно немаловажное побужденіе, заставлявшее столько лицъ ломать голову надъ «perpetuum mobile»: при помощи его стало бы возможнымъ получать неисчерпаемое количество энергіи безъ соотвѣтственной затраты, т. е. изъ ничего. Но вѣдь рабочая энергія—тѣ же деньги, такъ что здѣсь людямъ какъ будто улыбалось рѣшеніе великой практической задачи, какъ создать деньги изъ ничего,—задачи, надъ которой не мало бились самые изобрѣтательные люди. Сходство „perpetuum mobile“ съ философскимъ камнемъ, котораго такъ тщетно искали древніе алхимики, было полное: философскій камень тоже долженъ былъ

содержать квинтъ-эссенцію органической жизни и тоже давалъ возможность дѣлать золото.

Итакъ, побужденіе трудиться надъ изобрѣтеніемъ „perpetuum mobile“ было достаточно сильно, чтобы заставлять лицъ съ недюжинными способностями заняться имъ. По самому характеру своему, задача эта легко могла завлечь всякаго, долгіе годы продержать его въ заколдованномъ кругу, постоянно манить неуловимымъ призракомъ рѣшенія и, наконецъ, довести до сумасшествія. Написать исторію этихъ поисковъ было бы невозможно, такъ какъ наиболѣе талантливые изъ лицъ, посвятившихъ себя этимъ поискамъ, въ томъ числѣ и Дрозъ старшій, убѣдились въ безплодности своихъ усилій и, конечно, не особенно были склонны много разсказывать о нихъ. Другіе искатели неисчерпаемаго источника энергіи, обладавшіе менѣе яснымъ умомъ головой, часто сообщали, что ихъ поиски увѣнчались успѣхомъ; объ нихъ начинали говорить, но ошибка скоро обнаруживалась. Такимъ образомъ, мало-по-малу распространилось мнѣніе, что рѣшеніе этой задачи невозможно. Вмѣстѣ съ тѣмъ, математическая механика преодолѣвала одинъ за другимъ вопросы, связанные съ построеніемъ „perpetuum mobile“, и, наконецъ, ей удалось дать строго математическое, общее доказательство положенія, *что, по крайней мѣрѣ при помощи чисто-механическихъ силъ, создать «perpetuum mobile» невозможно*

Намъ пришлось здѣсь коснуться понятія о двигательной или рабочей энергіи; дальше намъ также придется часто встрѣчаться съ нимъ. Постараемся разъяснить это понятіе: понятіе о работѣ перенесено на машины, очевидно, по сравненію ихъ работы съ работой людей или животныхъ, для замѣны которыхъ эти машины и устраиваются. Еще и теперь вычисляютъ работу паровыхъ машинъ въ лошадиныхъ силахъ. Оцѣнка работы человѣка зависитъ отчасти отъ количества усилій, связаннаго съ исполненіемъ какой-либо работы, отчасти-же отъ искусства или умѣнья, необходимаго для исполненія этой работы. Произвольное количество искусныхъ рабочихъ нельзя достать въ каждый данный моментъ: они должны обладать способностями, должны выучиться своему дѣлу, и эта выучка требуетъ денегъ и времени. Машину же, исполняющую какую-нибудь работу, всегда можно выполнить въ произвольномъ количествѣ экземпляровъ; поэтому ловкость и умѣніе не могутъ сильно вліять на оцѣнку работы, какъ это бываетъ при оцѣнкѣ человѣческаго труда въ тѣхъ областяхъ, гдѣ онъ не можетъ быть замѣненъ машиною. Вслѣдствіе этого работа машинъ оцѣнивается только сообразно съ затратой энергіи, что тѣмъ болѣе важно, что большая часть машинъ на самомъ дѣлѣ имѣетъ цѣлью именно силою своего дѣйствія превзойти людей и животныхъ. Поэтому въ механическомъ смыслѣ подъ работой надо разумѣть затраченную энергію; въ этомъ смыслѣ мы и будемъ дальше пользоваться понятіемъ о работѣ.

Какъ же можно измѣрять и сравнивать количества затрачиваемой энергіи при пользованіи различными машинами?

Чтобы выяснить этотъ вопросъ, мнѣ придется ввести васъ въ кругъ математическо-механическихъ понятій. Хотя примѣръ, ко-

торый я кладу въ основу своихъ объясненій — водяная мельница съ желѣзными молотами, — представляетъ довольно благодарную картину для пера поэта, я все-таки долженъ буду обойти молчаніемъ и темную лѣсную прогалину, и журчащій ручеекъ, и мечущее искры горнило, и темныя очертанія гигантскихъ построекъ. Вмѣсто этого я попрошу васъ обратить на короткое время ваше вниманіе на менѣе поэтичныя стороны этого механизма. Онъ приводится въ движеніе водянымъ колесомъ, которое вращается благодаря давленію падающей съ высоты массы воды. На оси водяного колеса насажены выступы или „пальцы", которые, при его вращеніи захватываютъ рукояти тяжелыхъ молотовъ и поднимаютъ ихъ, чтобы они потомъ опять упали съ высоты внизъ. Падающій молотокъ обрабатываетъ металлическую массу, которую подъ него пододвигаютъ. Въ этомъ случаѣ работа машины заключается въ томъ, что она поднимаетъ тяжелый молотъ, для чего ей приходится преодолѣвать дѣйствіе силы тяжести на его массу. Слѣдовательно затрата энергіи, при прочихъ равныхъ условіяхъ, должна быть пропорціональна вѣсу молотка, такъ что, напримѣръ, количество затрачиваемой энергіи удваивается, если удваивается вѣсъ молотка. Но количество работы, производимой молоткомъ, зависитъ не только отъ его вѣса, а также и отъ высоты, съ которой онъ падаетъ. Если онъ падаетъ съ высоты 2-хъ футовъ, то работа, производимая имъ, больше, чѣмъ если-бы онъ падалъ съ высоты одного фута. Если машина подняла молотокъ на одинъ футъ, затративъ извѣстное количество энергіи, то она должна будетъ затратить еще столько же энергіи, чтобы поднять молотокъ еще на одинъ футъ; такимъ образомъ, затрачиваемая энергія удваивается не только въ томъ случаѣ, когда молотокъ вдвое тяжелѣе, но и когда высота подъема вдвое больше. Поэтому ясно, что работу надо измѣрять произведеніемъ вѣса поднимаемаго тѣла на высоту подъема. Въ механикѣ, дѣйствительно, такъ и поступаютъ: мѣра работы есть пудофутъ,—т. е. вѣсъ одного пуда, поднятаго на высоту 1-го фута.

Двигательная сила, приводящая въ движеніе молотки, получается отъ паденія внизъ воды. При этомъ нѣтъ необходимости, чтобы вода падала перпендикулярно сверху внизъ: она можетъ стекать и по нѣсколько наклонному руслу, но во всякомъ случаѣ вездѣ, гдѣ она приводитъ въ движеніе водяныя мельницы, она должна перемѣщаться изъ болѣе возвышеннаго мѣста въ болѣе низкое. И опытъ, и теорія показываютъ, что тамъ, гдѣ нужно поднять молотъ вѣсомъ въ 1 пудъ на высоту одного фута, долженъ упасть по крайней мѣрѣ 1 пудъ воды съ высоты 1-го фута, или 2 пуда съ высоты полъ-фута, 4—съ высоты $1/4$ ф. и т. д. Однимъ словомъ, если мы умножимъ вѣсъ падающей воды на высоту паденія и будемъ смотрѣть на это произведеніе какъ на мѣру ея работы, какъ мы это сдѣлали съ молоткомъ, то работа машины при помощи поднимаемаго молотка, выраженная въ пудофутахъ, въ лучшемъ случаѣ можетъ только равняться числу пудофутовъ падающей въ тотъ же промежутокъ времени воды. На самомъ же дѣлѣ она обыкновенно гораздо меньше, и значительная

часть работы падающей воды пропадаетъ, такъ какъ мы охотно жертвуемъ частью рабочей силы для достиженія большей быстроты работы.

Можно еще прибавить, что это соотношеніе остается неизмѣннымъ, независимо отъ того, передается-ли движеніе непосредственно давленіемъ воды на молотокъ, или при помощи системы зубчатыхъ колесъ, безконечныхъ винтовъ, трубъ или канатовъ. Такими приспособленіями можно достигнуть того, чтобы вода, которая при непосредственномъ дѣйствіи могла бы поднимать только одинъ молотъ въ 1 пудъ, поднимала молотъ въ 10 пудовъ; но тогда высота подъема будетъ въ 10 разъ меньше, или же потребуется въ 10 разъ больше времени,—такъ что, въ концѣ концовъ, какъ бы мы ни измѣняли напряженность дѣйствующей силы, все-таки въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени, въ который ручей доставляетъ опредѣленное количество воды, эта сила не можетъ совершить болѣе нѣкотораго, вполнѣ опредѣленнаго, количества пудофутовъ работы.

Итакъ, наше сооруженіе построено только для того, чтобы мы могли воспользоваться силою вѣса падающей воды для преодолѣванія тяжести молотковъ и ихъ поднятія. Когда одинъ молотокъ поднятъ насколько нужно, его опять опускаютъ, онъ падаетъ на металлическую массу, подложенную подъ него, и обрабатываетъ ее. Почему же молотокъ дѣйствуетъ съ большей силой на металлическую массу при паденіи на нее, чѣмъ при давленіи? Почему сила его дѣйствія тѣмъ больше, чѣмъ больше высота и, слѣдовательно, скорость его паденія?—Мы видимъ, что количество работы молотка обусловливается скоростью его паденія. И въ другихъ случаяхъ скорость движенія массъ есть средство получить значительную силу,—стоитъ только вспомнить разрушительное дѣйствіе выпущенной изъ ружья пули, которая въ спокойномъ состояніи представляетъ изъ себя невиннѣйшую игрушку; вѣтряныя мельницы получаютъ всю свою силу отъ движенія воздуха. Намъ кажется нѣсколько парадоксальнымъ, что движеніе, которое представляется намъ какимъ-то несущественнымъ и скоропреходящимъ свойствомъ тѣлъ, можетъ производить такое могущественное дѣйствіе. Но движеніе при обыкновенныхъ условіяхъ кажется намъ такъ скоропреходящимъ потому, что движеніямъ всѣхъ земныхъ тѣлъ противодѣйствуютъ непрерывно дѣйствующія силы сопротивленія,—треніе, сопротивленіе воздуха и др., такъ что скорость движенія непрерывно уменьшается, пока не обратится въ нуль. Если же движенію тѣла не противодѣйствуютъ никакія силы сопротивленія, то оно будетъ двигаться вѣчно съ неизмѣнной скоростью. Такъ, мы знаемъ, что въ безконечно разрѣженномъ мировомъ пространствѣ планеты движутся десятки тысячъ лѣтъ, не измѣняя скорости своего движенія. Движеніе можетъ быть ослаблено или уничтожено только дѣйствіемъ силъ сопротивленія. Движущееся тѣло, какъ, напримѣръ, падающій молотокъ или выпущенная изъ ружья пуля, натыкаясь на какой-либо предметъ, сдавливаетъ его или проникаетъ въ него до тѣхъ поръ, пока сумма силъ сопротивленій, оказываемыхъ этимъ предметомъ сжатію

или раздѣленію его частицъ, сдѣлается достаточно большой, чтобы уничтожить движеніе молотка или пули. Движеніе массы, выраженное въ единицахъ работы, называется „живой силой“ массы. Терминъ „живой“ надо понимать, конечно, не въ томъ смыслѣ, въ какомъ его примѣняютъ къ одушевленнымъ предметамъ,—онъ долженъ отличать „силу движенія“ отъ „силы положенія“ находящагося въ покоѣ тѣла,—напримѣръ, отъ силы тяжести тѣла, находящагося въ покоѣ, которая, хотя и производитъ постоянное давленіе на подставку, но не вызываетъ никакихъ перемѣнъ.

Въ разсмотрѣнномъ нами сооруженіи мы имѣли рабочую энергію прежде всего въ видѣ падающей массы воды, затѣмъ въ положеніи поднятаго молотка и, наконецъ, въ живой силѣ падающаго молотка. Мы могли бы опять обратить энергію изъ третьяго вида во второй, заставивъ молотокъ падать, напримѣръ, на эластичный брусъ, достаточно крѣпкій, чтобы выдержать его. Послѣ удара молотокъ отскочилъ бы обратно наверхъ и, въ лучшемъ случаѣ, поднялся бы настолько, насколько онъ опустился внизъ при ударѣ, но никакъ не выше. При этомъ масса его опять поднялась бы и въ моментъ достиженія наибольшей высоты имѣла бы то же количество пудофутовъ энергіи, какъ и до паденія внизъ, но никакъ не больше, т. е. *живая сила можетъ дать такое-же количество работы, изъ какого она возникла*: слѣдовательно, она эквивалентна этому количеству работы.

Стѣнные часы приводятся въ движеніе падающимъ тѣломъ, карманные—закрученною упругою пружиною. Ни тѣло, лежащее на полу, ни раскрученная пружина не способны производить никакого дѣйствія и, чтобы сообщить имъ эту способность, мы должны поднять тѣло или закрутить пружину. Мы это и дѣлаемъ, заводя часы. Человѣкъ тѣмъ, что заводитъ часы, сообщаетъ гирѣ или пружинѣ извѣстное количество энергіи, и какъ разъ столько энергіи, сколько имъ было сообщено, они растрачиваютъ въ теченіе слѣдующихъ 24-хъ часовъ; итакъ, механизмъ часовъ не создаетъ собственной энергіи, но только распредѣляетъ равномѣрно на продолжительное время сообщенную ему энергію. При помощи нагнетательнаго насоса мы вгоняемъ значительное количество воздуха въ прикладъ духового ружья. Если потомъ прижать курокъ и предоставить сгущенному воздуху возможность вступить въ дуло, то онъ выбрасываетъ пулю съ такой же силой, какъ и воспламенившійся порохъ. Мы можемъ опредѣлить количество работы, затраченной на вкачиваніе воздуха и живую силу пули; но послѣдняя никогда не будетъ больше первой. Сгущенный воздухъ не можетъ создать энергіи: онъ можетъ только перенести на пулю сообщенную ему энергію. Если мы качали четверть часа, чтобы зарядить ружье, то вся затраченная нами энергія расходуется въ одинъ моментъ и поэтому она можетъ сообщить пулѣ гораздо большую скорость, чѣмъ мы могли бы сообщить ей простымъ движеніемъ бросанія.

Изъ этихъ примѣровъ вы видите, что систематическая теорія доказала для всѣхъ чисто-механическихъ, т. е. двигательныхъ силъ, что всѣ наши машины и приспособленія не производятъ

двигательной энергіи, но только расходуютъ энергію, сообщенную имъ какой-нибудь силой природы,—падающей водой или движеніемъ воздуха, мускульной силой человѣка или животнаго,—превращая ее въ другую форму. Послѣ того, какъ этотъ законъ былъ установленъ великими математиками прошлыхъ столѣтій, уже одни только невѣжественные люди могли стремиться построить „pergetuum mobile", пользуясь однѣми только механическими силами, какъ сила тяжести, упругости, давленіе жидкостей или газовъ. Но вѣдь существуетъ еще цѣлый рядъ силъ природы, которыя нельзя причислить къ чисто-двигательнымъ силамъ,—теплота, электричество, свѣтъ, химическое сродство, и всѣ эти силы могутъ имѣть самыя разнообразныя соотношенія съ различными механическими явленіями. Едва-ли также существуетъ въ природѣ какой нибудь процессъ, въ которомъ не обнаруживалось бы механическое дѣйствіе этихъ силъ, дающее механическую работу. Эта область силъ природы оставляла вопросъ о „pergetuum mobile" еще открытымъ; успѣхи новѣйшей физики, о которыхъ я намѣренъ говорить, и дали окончательное разрѣшеніе этого вопроса.

Энергія, необходимая для выстрѣла изъ духового ружья, была сообщена рукою человѣка, накачавшаго воздухъ. Въ обыкновенныхъ же пороховыхъ ружьяхъ сгущеніе газа, выталкивающаго пулю, получается совсѣмъ другимъ способомъ—сожженіемъ пороха. Большая часть продуктовъ сгоранія пороха представляетъ собой газъ, стремящійся заполнить гораздо большій объемъ пространства, чѣмъ его занималъ прежде порохъ. Вы видите, что употребленіе пороха избавляетъ насъ отъ той работы, которую мы должны были выполнить при духовомъ ружьѣ.

Точно также самыя сильныя изъ нашихъ машинъ—паровыя машины—приводятся въ движеніе при помощи сильно сгущеннаго газообразнаго тѣла, стремящагося занять большій объемъ,—водяныхъ паровъ. И тутъ мы сгущаемъ пары не при помощи какой-либо внѣшней механической силы, но, сообщая теплоту водѣ, заключенной въ закрытый котелъ, мы обращаемъ ее въ паръ, получающійся, благодаря сравнительно незначительному объему котла, при сильномъ давленіи. Въ этомъ случаѣ механическая сила получается на счетъ теплоты. Теплоту, необходимую для того, чтобы топить машину, мы могли бы получить различными способами; обыкновенно мы получаемъ ее сжиганіемъ угля.

Горѣніе есть процессъ химическій. Особый элементъ, находящійся въ большомъ количествѣ въ нашей атмосферѣ,—кислородъ—обладаетъ способностью съ большою силою притягивать нѣкоторыя другія тѣла, или, какъ говорятъ химики, большою силою сродства съ составными элементами сгораемыхъ тѣлъ. Но сила эта проявляется только при болѣе высокихъ температурахъ. Если какая-нибудь часть сгараемаго тѣла,—напримѣръ, угля—достаточно нагрѣта, то углеродъ съ большою силою соединяется съ кислородомъ атмосферы, отчего получается особаго рода газъ—углекислота, тотъ самый газъ, который поднимается изъ пѣнящагося пива и шампанскаго. При этомъ соединеніи получается теп-

лота и свѣтъ; вообще, при химическомъ соединеніи двухъ тѣлъ, обладающихъ сильнымъ сродствомъ, получается теплота, а если она доходитъ до температуры каленія, то получается и свѣтъ. Слѣдовательно, громадное количество энергіи, затрачиваемое паровыми машинами при ихъ работѣ, доставляется химическими процессами и химическими силами. Точно также сгораніе пороха есть химическій процессъ, и онъ-то и сообщаетъ пулѣ ея живую силу.

Въ паровыхъ машинахъ механическая энергія развивается изъ теплоты. Но мы можемъ также и наоборотъ,—получать теплоту при помощи механическихъ силъ. Это происходитъ при всякомъ ударѣ, при всякомъ треніи. Опытный кузнецъ можетъ одними ударами молота довести желѣзный брусъ до температуры каленія. Оси колесъ экипажей приходится смазывать, чтобы онѣ не загорѣлись отъ тренія. Изъ этого обстоятельства сумѣли даже извлечь значительную выгоду. На нѣкоторыхъ фабрикахъ, гдѣ была лишняя гидравлическая сила, ею пользовались для устройства тренія двухъ большихъ желѣзныхъ листовъ, одинъ изъ которыхъ быстро вращался около оси: листы сильно нагрѣвались, и этою теплотою отапливалась комната; такимъ образомъ получалась печь, не требующая затраты топлива. А быть можетъ, теплоты, развиваемой треніемъ листовъ, было бы достаточно для того, чтобы топить маленькую паровую машину, которая, въ свою очередь, могла бы вращать желѣзный листъ?—На этотъ вопросъ прежнія физико-математическія знанія не могли дать отвѣта. Его разрѣшилъ только всеобобщающій законъ, который я намѣренъ выяснить и, скажу заранѣе, разрѣшилъ въ отрицательномъ смыслѣ.

Подобнаго рода планомъ одинъ предпріимчивый американецъ взволновалъ весь промышленный міръ Европы. Публикѣ хорошо знакомы магнитно-электрическія машины, которыми часто пользуются при лѣченіи ревматизмовъ и параличей. Если привести магнитъ такой машины въ быстрое вращеніе, то получаются сильные электрическіе токи. Если пропустить эти токи черезъ воду, то она разлагается на свои составныя части—водородъ и кислородъ. Отъ сжиганія водорода получается опять вода. Если это сгораніе происходитъ не въ обыкновенномъ атмосферномъ воздухѣ, въ которомъ кислородъ занимаетъ только одну пятую часть, а въ чистомъ кислородѣ, и если вставить въ пламя горѣнія кусочекъ извести, то она накаливается, и получается такъ называемый Друммондовъ свѣтъ. Въ то же время при этомъ горѣніи развивается весьма большое количество теплоты. Нашъ американецъ и хотѣлъ воспользоваться получающимися при электролизѣ воды газами; онъ утверждалъ, что при ихъ сгораніи получается достаточное количество теплоты, чтобы отапливать небольшую паровую машину, которая въ свою очередь приводила бы въ движеніе его электро-магнитную машину, разлагала бы воду и приготовляла бы сама для себя топливо. Это, конечно, было бы однимъ изъ лучшихъ изобрѣтеній человѣческаго генія,—„perpetuum mobile“, которое не только даетъ механическую энергію, но еще освѣщаетъ комнату, въ которой помѣщается, яркимъ какъ солнце свѣтомъ и отапливаетъ ее. Какъ видно, дѣло было задумано не дурно. Ка-

ждое отдѣльное дѣйствіе машины, какъ было всѣмъ извѣстно, легко выполнимо; но тѣ, которые уже были знакомы съ новѣйшими работами, касающимися вопроса о взаимодѣйствіи силъ природы, уже при первыхъ извѣстіяхъ о новомъ „perpetuum mobile“ рѣшили, что оно не болѣе, чѣмъ „американская утка“; и въ самомъ дѣлѣ, оно такъ и не перешло изъ области фантазіи въ область дѣйствительности.

Нѣтъ надобности приводить еще примѣры. Изъ разобранныхъ уже можно ясно видѣть, насколько тѣсно связаны съ механическими силами теплота, упругость, магнитизмъ, свѣтъ, электричество и сила химическаго сродства.

При помощи каждаго изъ указанныхъ явленій всегда можно вызвать другое, и не однимъ только способомъ, а различными путями. Ясно, что, если бы какимъ-либо способомъ удалось, какъ разсчитывалъ нашъ американецъ, вызвать въ природѣ при помощи механическихъ силъ такой химическій, электрическій или какой-нибудь другой процессъ, который могъ бы (не производя, однако же, существенныхъ измѣненій въ самой машинѣ) опять дать механическія силы, и въ большемъ количествѣ, чѣмъ сколько ихъ было затрачено сначала, то часть полученной силы можно было бы затратить на приведеніе въ дѣйствіе самой машины, а остаткомъ можно было бы воспользоваться для какихъ угодно другихъ цѣлей. Если бы удалось, исходя изъ механическаго явленія, какимъ-либо путемъ, черезъ рядъ химическихъ, электрическихъ, магнитныхъ и тепловыхъ процессовъ, вернуться опять къ механическимъ явленіямъ съ *выигрышемъ* механической энергіи, то „perpetuum mobile„ было бы найдено.

Но, наученные неудачами прежнихъ попытокъ, люди стали теперь умнѣе. Они не стали долго раздумывать надъ комбинаціями, дающими „perpetuum mobile“, но поставили вопросъ совершенно иначе. Они уже больше не спрашивали себя, какъ имъ воспользоваться извѣстными намъ и неизвѣстными соотношеніями между силами природы, чтобы построить „perpetuum mobile“, но спрашивали, какія соотношенія должны существовать между силами природы, если устройство „perpetuum mobile“ *невозможно*.— Благодаря такому обороту, дѣло значительно подвинулось впередъ. Соотношенія между силами природы, обусловливаемыя указаннымъ предположеніемъ, легко было опредѣлить; нашли, что всѣ извѣстныя намъ соотношенія между силами природы подчиняются законамъ, вытекающимъ изъ нашего предположенія, и въ то же время нашли еще цѣлый рядъ до тѣхъ поръ неизвѣстныхъ соотношеній, вѣрность которыхъ легко было провѣрить опытами. Если бы хоть одно изъ этихъ вновь открытыхъ соотношеній оказалось невѣрнымъ, то „perpetuum mobile“ было бы возможно.

Первымъ, вступившимъ на этотъ путь изслѣдованія, былъ одинъ французъ, С. Карно, въ 1824 году, Несмотря на нѣсколько узкое пониманіе дѣла и на неправильное представленіе о сущности теплоты, которое привело его къ нѣкоторымъ ошибочнымъ заключеніямъ, его опыты оказались не вполнѣ неудачными. Онъ нашелъ законъ, извѣстный подъ названіемъ „закона Карно“, къ

которому мнѣ еще придется возвратиться. Его работа была долго оставлена почти безъ всякаго вниманія, и только 18 лѣтъ спустя, въ 1842 г., различнымъ изслѣдователямъ въ разныхъ странахъ, совершенно независимо другъ отъ друга и независимо отъ Карно, пришла въ голову та же самая мысль. Первымъ, кто правильно понялъ и выразилъ общій законъ природы, о которомъ здѣсь пойдетъ рѣчь, былъ одинъ нѣмецкій врачъ, Майеръ. Немного спустя, въ 1843 г., датчанинъ Кольдингъ представилъ Копенгагенской Академіи Наукъ трактатъ, въ которомъ былъ высказанъ тотъ же самый законъ и описывались нѣкоторые опыты, служившіе для дальнѣйшаго его объясненія. Въ то же время Джауль въ Англіи началъ производить опыты, клонившіеся къ той же цѣли. При изслѣдованіи вопросовъ, разрѣшенія которыхъ настоятельно требуетъ историческій ходъ развитія научныхъ знаній, часто случается, что нѣсколько лицъ совершенно независимо другъ отъ друга приходятъ къ однѣмъ и тѣмъ же мыслямъ.

Я также, не зная ничего о трудахъ Майера и Кольдинга и познакомившись только въ концѣ своей работы съ опытами Джауля, вступилъ на тотъ же путь изслѣдованія; именно, я старался опредѣлить всѣ соотношенія между явленіями природы, вытекающія изъ предположенія о невозможности „perpetuum mobile“, и опубликовалъ мои изслѣдованія въ 1847 г. въ небольшой брошюрѣ подъ заглавіемъ „О сохраненіи энергіи“.

Съ тѣхъ поръ интересъ людей науки къ этому вопросу значительно возросъ,—въ особенности въ Англіи. Значительное число существенныхъ заключеній изъ принятаго предположенія, опытнаго доказательства которыхъ еще не хватало во время первыхъ теоретическихъ работъ въ этомъ направленіи, было доказано опытами Джауля; годомъ позднѣе наиболѣе выдающійся изъ французскихъ физиковъ, Реньо, взглянулъ на этотъ вопросъ съ той же точки зрѣнія и подтвердилъ эти заключенія своими изслѣдованіями надъ удѣльной теплотой газовъ.

Каково будетъ рѣшеніе затронутаго мною вопроса, вамъ ясно уже, вѣроятно, изъ вступленія. Въ природѣ *не существуетъ* такого рода процессовъ, при помощи которыхъ можно было бы получить механическую силу безъ затраты соотвѣтствующаго количества энергіи. Созданіе „perpetuum mobile“ оказывается невозможнымъ.

До сихъ поръ мы разсматривали развиваемую въ различныхъ явленіяхъ природы силу только съ точки зрѣнія ея пользы для человѣка,—какъ рабочую энергію машинъ. Теперь же, какъ вы видите, мы пришли къ общему закону, который имѣетъ мѣсто совершенно независимо отъ того примѣненія, которое мы даемъ силамъ природы. Поэтому мы должны формулировать этотъ законъ согласно съ его общимъ значеніемъ; кромѣ того, ясно, что количество энергіи, которое можно получить въ машинѣ благодаря какому-нибудь процессу при наиболѣе благопріятныхъ обстоятельствахъ, можетъ служить мѣрой энергіи и въ другихъ случаяхъ. Далѣе возникаетъ важный вопросъ: если количество энергіи не можетъ увеличиться безъ соотвѣтствующей затраты, то можетъ-ли оно уменьшиться, или, другими словами, можетъ-ли часть энергіи

пропасть?—Для цѣлей нашей машины, конечно, можетъ, если мы не сумѣемъ обставить процессъ природы соотвѣтствующими условіями, но для *общей* экономіи природы *не можетъ*.

Въ древнѣйшей механикѣ принимали, что при толчкѣ или треніи двухъ тѣлъ живая сила просто пропадаетъ. Но я уже указывалъ, что каждый толчекъ и всякое треніе вызываютъ нагрѣваніе; Джауль своими опытами доказалъ слѣдующій важный законъ: при затратѣ каждаго пудофута энергіи возникаетъ вполнѣ опредѣленное количество теплоты; а если теплота превращается въ механическую энергію, то для полученія каждаго пудофута энергіи опять исчезаетъ то же количество теплоты. Количество теплоты, потребное для нагрѣванія одного пуда воды на 1° С., соотвѣтствуетъ количеству энергіи, необходимому для поднятія одного пуда на 1350 футовъ. Эту величину называютъ *механическимъ эквивалентомъ теплоты*.

Я прибавлю еще, что эти факты убѣждаютъ насъ въ томъ, что теплота не есть тонкая невѣсомая матерія, какъ предполагали раньше, а представляетъ собой особую форму колебательныхъ движеній безконечно малыхъ частицъ. Согласно съ этимъ взглядомъ, кажущееся сокращеніе движенія при треніи или столкновеніи двухъ тѣлъ есть переходъ видимаго движенія массъ въ движеніе безконечно малыхъ частицъ, а при возникновеніи двигательной силы на счетъ теплоты—происходитъ обратный переходъ движенія безконечно малыхъ частицъ въ движеніе всей массы тѣла.

Химическія соединенія производятъ теплоту въ количествѣ, совершенно независящемъ отъ времени и хода соединенія. Но если эти соединенія даютъ въ то же время и механическую энергію, какъ это имѣетъ мѣсто въ паровой машинѣ, то теплоты получается меньше на такое количество, какое эквивалентно этой механической энергіи. Впрочемъ, энергія химическихъ силъ сравнительно весьма значительна. При сгораніи, напримѣръ, одного пуда чистаго угля получается количество теплоты, достаточное, чтобы нагрѣть 8086 пудовъ воды на 1° С.; согласно съ этимъ можно вычислить, что сила химическаго сродства между самою незначительною частицею 1-го пуда угля и соотвѣтствующимъ количествомъ кислорода можетъ поднять 100 пудовъ на высоту 4,5 миль. Къ сожалѣнію, при помощи нашихъ паровыхъ машинъ мы можемъ пользоваться только незначительной частью этой энергіи; большая часть ея пропадаетъ безъ всякой пользы для насъ въ видѣ теплоты. Лучшія изъ работающихъ паромъ машинъ превращаютъ въ механическую энергію только 18% получаемой отъ сгоранія топлива теплоты.

Изъ подобнаго же изслѣдованія всѣхъ другихъ извѣстныхъ намъ физическихъ и химическихъ процессовъ вытекаетъ, что въ природѣ существуетъ запасъ способной работать энергіи, котораго никоимъ образомъ нельзя ни увеличить, ни уменьшить, т. е., что *количество способной работать энергіи* въ неорганической природѣ такъ же *вѣчно и неизмѣнно*, какъ и количество матеріи. Я назвалъ

этотъ общій законъ, высказанный въ такой формѣ, закономъ сохраненія энергіи.

Мы, люди, не можемъ создать энергіи для нашихъ человѣческихъ цѣлей, мы можемъ лишь позаимствовать ее изъ запаса энергіи въ природѣ. Ручей и вѣтеръ, которые приводятъ въ движеніе наши мельницы, торфъ и каменный уголь, которыми мы отапливаемъ паровыя машины, являются только носителями незначительной части того запаса энергіи въ природѣ, которымъ мы пользуемся для своихъ цѣлей и дѣйствія котораго мы стараемся направить по своему желанію.

Владѣлецъ мельницы смотритъ на силу тяжести стекающей внизъ воды или на живую силу вѣтра, какъ на свою собственность. Эти части общаго запаса силъ въ природѣ и придаютъ его собственности главную цѣнность. Но изъ того, что никакая часть энергіи не можетъ совершенно исчезнуть, еще не слѣдуетъ, что она не можетъ пропасть окончательно для нашихъ цѣлей. Въ этомъ отношеніи особенно важны тѣ заключенія, которыя вывелъ В. Томсонъ изъ вышеупомянутаго закона Карно. Этотъ законъ, хотя Карно нашелъ его, стараясь опредѣлить соотношенія между теплотой и механической энергіей, вовсе не является необходимымъ слѣдствіемъ закона сохраненія энергіи, и только послѣ измѣненія, сдѣланнаго въ немъ Клаузіусомъ, онъ не сталъ противорѣчить этому общему закону. Имъ опредѣляется извѣстное соотношеніе между сжимаемостью, теплоемкостью и расширеніемъ отъ теплоты для всѣхъ тѣлъ. Не слѣдуетъ думать, что законъ Карно вполнѣ доказанъ, но справедливость его весьма вѣроятна, такъ какъ на основаніи его были предсказаны нѣкоторыя удивительныя явленія, которыя потомъ были доказаны экспериментальнымъ путемъ. Кромѣ математической формы, въ которой далъ его Карно, мы можемъ выразить его въ слѣдующей общей формѣ: только когда теплота переходитъ изъ болѣе теплаго тѣла въ менѣе теплое, она можетъ быть превращена въ механическую энергію, и то не вся, а лишь часть ея. Теплоту тѣла, котораго мы не можемъ охладить, мы не можемъ превратить ни въ механическую, ни въ электрическую или химическую энергію. Такъ, въ паровыхъ машинахъ мы обращаемъ часть теплоты горящаго угля въ механическую энергію, заставляя ее переходить въ менѣе теплую воду, заключенную въ котлѣ; но если бы всѣ тѣла природы имѣли одну и ту же температуру, то было бы невозможно обратить хоть часть ея теплоты въ механическую энергію.

Поэтому мы можемъ весь запасъ энергіи во вселенной раздѣлить на двѣ части: одна изъ нихъ представляетъ собою теплоту и должна ею оставаться, другая, — къ которой принадлежитъ теплота болѣе нагрѣтыхъ тѣлъ и весь запасъ механической, электрической, химической и магнитной энергіи,—можетъ быть превращена въ любую форму энергіи, и она-то и поддерживаетъ всѣ безконечно разнообразные процессы въ жизни природы. Но теплота болѣе нагрѣтыхъ тѣлъ непрерывно стремится при помощи теплопроводности и излученія перейти въ менѣе нагрѣтыя тѣла и вызвать равновѣсіе температуръ. При движеніи земныхъ тѣлъ

благодаря тренію и толчкамъ часть механической энергіи превращается въ теплоту, которой только часть можетъ быть опять превращена въ механическую энергію; то же самое происходитъ и при каждомъ химическомъ или электрическомъ процессѣ. Изъ этого слѣдуетъ, что первая часть энергіи природы,—неизмѣнная теплота,—непрерывно увеличивается, тогда какъ вторая,—механическая, электрическая и химическая энергія,—непрерывно уменьшается; такъ что, если физическіе процессы во вселенной будутъ непрерывно идти такимъ путемъ, вся энергія превратится, наконецъ, въ теплоту, и тогда можетъ наступить полное равновѣсіе температуры. Съ этого момента дальнѣйшія превращенія энергіи окажутся невозможными, и всѣ процессы природы должны будутъ пріостановиться.

Жизнь растеній, животныхъ и человѣка также должна будетъ прекратиться, когда солнце не будетъ имѣть болѣе высокой температуры, чѣмъ земля, и перестанетъ свѣтиться, а на поверхности земли уже произойдутъ всѣ соединенія, обусловливаемыя силами химическаго сродства. Однимъ словомъ, съ этого момента вселенная будетъ обречена на вѣчный покой.

Эти выводы изъ закона Карно будутъ для насъ обязательны только тогда, когда онъ окажется справедливымъ во всей своей полнотѣ, хотя и теперь уже почти невѣроятно, чтобы этого не произошло. Во всякомъ случаѣ, достойно удивленія остроуміе Томсона, который сумѣлъ изъ буквъ давно извѣстнаго математическаго уравненія, въ которомъ говорилось только о теплотѣ, объемѣ и давленіи тѣлъ, вывести заключеніе, угрожающее смертью всей вселенной,—хотя, конечно, черезъ безконечно большой промежутокъ времени.

Я уже говорилъ, что долженъ буду ввести васъ въ скучную и безотрадную область математическо-механическихъ соображеній. Теперь это уже сдѣлано. Общій законъ, который я старался выяснить, открылъ передъ нами широкій, всеобъемлющій горизонтъ, и при помощи него мы можемъ теперь изслѣдовать ту или другую область окружающаго насъ міра,—смотря по тому, какая изъ нихъ въ настоящій моментъ насъ наиболѣе интересуетъ. Заглядывать въ лабораторіи физиковъ съ ихъ, сравнительно, миніатюрными размѣрами и запутанными абстракціями не такъ интересно, какъ остановить свое вниманіе на обширномъ небесномъ сводѣ, на облакахъ, рѣкахъ, лѣсахъ и на живыхъ существахъ, насъ окружающихъ.

Такъ какъ я буду распространять законы, выведенные изъ наблюденій надъ физическими явленіями въ предѣлахъ нашей земли, на всѣ тѣла вселенной, то я укажу, что та же сила, которую мы на землѣ называемъ силою тяжести, дѣйствуетъ въ пространствѣ, какъ сила притяженія; что отъ нея зависитъ движеніе даже самыхъ удаленныхъ двойныхъ звѣздъ, на которыя она дѣйствуетъ, подчиняясь тѣмъ же законамъ, какимъ подчиняется и при дѣйствіи между луной и землей; что свѣтъ и теплота земныхъ тѣлъ ничѣмъ не отличаются существенно отъ свѣта и теплоты солнца самыхъ удаленныхъ неподвижныхъ звѣздъ, и что метеоры, па-

дающіе на землю, состоятъ изъ тѣхъ же химическихъ элементовъ, что и земныя тѣла. Поэтому мы смѣло можемъ считать обязательными для другихъ тѣлъ вселенной тѣ *общіе* законы, которымъ подчиняются всѣ явленія природы на землѣ. Теперь мы постараемся объяснить при помощи этого закона возникновеніе и расходованіе находящейся во вселенной энергіи. Цѣлый рядъ особенностей въ строеніи нашей планетной системы заставляетъ предполагать, что она нѣкогда представляла собой одну массу съ общимъ вращательнымъ движеніемъ. Если не сдѣлать такого предположенія, то невозможно объяснить, почему всѣ планеты двигаются вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, почему онѣ всѣ вращаются вокругъ своихъ осей тоже въ одинаковомъ направленіи, почему плоскости траекторій всѣхъ планетъ и ихъ спутниковъ почти совпадаютъ, почему эти траекторіи мало отличаются отъ окружностей, и многое другое. Изъ этихъ предположеній о прежнемъ состояніи вселенной астрономы составили гипотезу о возникновеніи нашей планетной системы, которая, хотя по существу и остается только гипотезой, но во многихъ своихъ чертахъ настолько обоснована различными аналогіями, что вполнѣ заслуживаетъ нашего вниманія. Кантъ первый, сильно заинтересовавшись физическимъ описаніемъ земли и вселенной, занялся изученіемъ сочиненій Ньютона, и въ доказательство того, какъ глубоко онъ вникъ въ идеи знаменитаго творца астрономіи, можно привести тотъ фактъ, что ему первому принадлежала геніальная мысль, что та самая сила тяготѣнія, которая всегда дѣйствуетъ между частицами вѣсомой матеріи и которая теперь обусловливаетъ движеніе нашей планетной системы, могла нѣкогда и создать планетную систему изъ безпорядочно разсѣянной въ пространствѣ матеріи.

Позднѣе Лапласъ, творецъ знаменитой „Небесной механики“, совершенно независимо отъ Канта пришелъ къ той же мысли, и онъ ужъ снискалъ этому мнѣнію право гражданства среди астрономовъ. Согласно съ этимъ мнѣніемъ мы должны представлять себѣ начало нашей солнечной системы какъ громадныхъ размѣровъ туманность, заполнявшую ту обширную часть міроваго пространства, гдѣ теперь находится наша система. Еще и теперь часто видны подобныя туманности въ наиболѣе отдаленныхъ мѣстахъ небеснаго свода; онѣ представляются намъ въ видѣ блѣдныхъ пятенъ или точекъ, а въ нашей системѣ нѣкоторыя кометы, зодіакальный свѣтъ и корона солнца при полныхъ затмѣніяхъ обнаруживаютъ признаки остатковъ туманной оболочки, которая, однако же, настолько тонка, что лучи свѣта проникаютъ черезъ нее безъ задержки и не преломляясь.

Если согласно принятой нами гипотезѣ вычислить плотность массы нашей планетной системы для того времени, когда она представляла собой туманность, заполнявшую все міровое пространство, ограниченное траекторіями самыхъ отдаленныхъ планетъ, то мы придемъ къ выводу, что многіе милліоны кубическихъ миль вѣсили только 1 гранъ.

Сила тяготѣнія, дѣйствующая между частицами матеріи, должна

была заставлять эти частицы сближаться, а матерію уплотняться, такъ что размѣры туманности все болѣе и болѣе уменьшались, при чемъ, согласно съ законами механики, медленное первоначальное вращательное движеніе, существованіе котораго приходится предполагать, все болѣе и болѣе ускорялось. Центробѣжная сила, всего сильнѣе дѣйствовавшая въ плоскости экватора туманности, должна была время отъ времени отрывать отъ нея болѣе или менѣе значительныя части, которыя потомъ продолжали свое движеніе уже самостоятельно и образовывали отдѣльныя планеты, отъ которыхъ, въ свою очередь, опять могли отрываться спутники, пока, наконецъ, основная масса не обратилась въ планету той плотности, какую имѣетъ солнце. Происхожденія теплоты и свѣта мы пока еще не будемъ разсматривать.

Когда наша безформенная туманность отдѣлилась отъ другихъ неподвижныхъ звѣздъ, она должна была содержать не только все то количество матеріи, изъ котораго состоитъ наша планетная система, но, согласно выясненному нами новому закону, также и весь тотъ запасъ энергіи, который впослѣдствіи проявился въ столь разнообразныхъ формахъ. И въ самомъ дѣлѣ, она получила очень большое количество энергіи уже въ видѣ силы притяженія всѣхъ ея частицъ другъ къ другу. Эта сила, называемая при дѣйствіи на землѣ силою тяжести, носитъ названіе силы тяготѣнія или небесной тяжести, которая дѣйствуетъ въ міровомъ пространствѣ. Какъ земная сила тяжети производитъ работу и даетъ живую силу, притягивая какое-нибудь вѣсомое тѣло къ землѣ, такъ и небесная сила тяжести дѣлаетъ то же самое, приближая другъ къ другу вѣсомыя частицы изъ разныхъ концовъ мірового пространства.

Химическія силы также, вѣроятно, были въ ней налицо, но, такъ какъ онѣ могутъ проявляться только тогда, когда различные элементы входятъ въ болѣе или менѣе близкое соприкосновеніе между собою, то онѣ не могли начать дѣйствовать до достиженія нашею туманностью извѣстной степени сгущенія. Существовалъ-ли уже въ началѣ образованія нашей планетной системы запасъ энергіи въ формѣ теплоты, или нѣтъ, мы не знаемъ. Но, во всякомъ случаѣ благодаря закону эквивалентности теплоты и работы, мы находимъ въ механической энергіи, которою обладала наша система въ первоначальномъ своемъ состояніи, такой богатый источникъ теплоты, что намъ нѣтъ никакой надобности искать другого. Когда при сгущеніи массъ частицы ихъ сталкивались и терлисьдругъ о друга, то живая сила ихъ движенія исчезала, превращаясь въ теплоту. Еще въ древнѣйшихъ теоріяхъ принимали во вниманіе, что при столкновеніи космическихъ массъ возникаетъ теплота,—но тогда люди еще были далеки отъ того, чтобы хотя приблизительно опредѣлить, каково количество этой теплоты. Теперь же мы точно можемъ вычислить его.

Если мы примемъ, что плотность туманности въ самомъ началѣ образованія нашей системы была ничтожно мала въ сравненіи съ теперешней плотностью солнца и планетъ, то мы можемъ вычислить величину работы, затраченной на это сгущеніе; затмъ мыѣ

можемъ вычислить, какая часть этой работы существуетъ еще и теперь въ видѣ механической энергіи,—въ видѣ притяженія планетъ солнцемъ и живой силы ихъ движенія,—и тогда можно будетъ опредѣлить, сколько энергіи было обращено въ теплоту.

Результаты такого вычисленія показываютъ, что только около 1/454 части первоначальной механической энергіи сохранилось въ прежнемъ видѣ, остальная же часть, превращенная въ теплоту, могла бы нагрѣть массу воды, равную суммѣ массъ солнца и всѣхъ планетъ солнечной системы, по крайней мѣрѣ, на 28 милліоновъ градусовъ С. Для наглядности я укажу, что высшая температура, какой мы можемъ достигнуть въ нашихъ воздуходувныхъ машинахъ, при которой даже платина плавится и испаряется и въ которой не разжижаются только весьма немногія изъ извѣстныхъ намъ твердыхъ тѣлъ, равняется приблизительно 2008°. Что произойдетъ при температурѣ въ 28 милліоновъ градусовъ,—этого мы не можемъ себѣ и представить. Если бы вся масса солнечной системы представляла собою чистый уголь, и весь этотъ уголь сгорѣлъ бы, то получившееся при этомъ количество теплоты составляло бы только 1/3500 исчисленнаго нами количества. Ясно, что такое громадное количество теплоты представляло собою очень сильное препятствіе для быстраго сгущенія массъ, и что значительная часть ея должна была быть излучена въ пространство, прежде чѣмъ могли образоваться тѣла такой плотности, какъ планеты и солнце; когда же они образовались, то массы ихъ были въ жидкомъ, кипящемъ состояніи (что на землѣ подтверждается нѣкоторыми геологическими явленіями). Что же касается другихъ тѣлъ нашей системы, то ихъ форма сплюснутыхъ шаровъ,—форма равновѣсія вращающейся жидкой массы,—указываетъ на первоначальное ихъ жидкое состояніе. То предположеніе, что большое количество теплоты безслѣдно исчезло для нашей системы,—не стоитъ въ противорѣчіи съ общимъ закономъ сохраненія энергіи: теплота пропала лишь для нашей планетной системы, но не для вселенной. Она излучилась, какъ непрерывно излучается и теперь, въ безконечное пространство, и мы не знаемъ, существуютъ-ли какія-либо границы, гдѣ эти лучи должны отразиться колебанія или они распространяютъ свѣтовыя и тепловыя безконечно.

Но и существующій въ нашей планетной системѣ запасъ механической энергіи эквивалентенъ громадному количеству теплоты. Если-бы какой-нибудь толчокъ могъ вдругъ остановить движеніе нашей земли вокругъ солнца,—чего, впрочемъ, при существующемъ устройствѣ планетной системы опасаться нечего,—то при этомъ толчкѣ образовалось-бы столько теплоты, сколько мы могли-бы получить, если-бы сожгли 14 шаровъ чистаго угля такихъ-же размѣровъ, какъ земля. Масса ея,—если даже теплоемкость ея принять наименѣе выгодною, напримѣръ, равною теплоемкости воды,—нагрѣлась-бы на 112,000 градусовъ, т. е. совершенно расплавилась-бы, и большая часть ея испариласьбы. Но если-бы земля упала на солнце,—что неминуемо произошло-бы, если-бы она остановилась,—то количество полученной при этомъ паденіи теплоты было-бы еще въ 400 разъ больше.

Еще и теперь этотъ процессъ время отъ времени повторяется, но только въ гораздо меньшемъ масштабѣ. Не можетъ быть сомнѣнія, что падающія звѣзды и метеоры представляютъ собой массы, принадлежавшія міровому пространству, и что прежде чѣмъ вступить въ атмосферу нашей земли, они, подобно планетамъ, двигались вокругъ солнца. Мы можемъ ихъ видѣть только тогда, когда они проникаютъ въ нашу атмосферу; иногда они падаютъ на землю. Причину того, что падающія звѣзды и метеоры свѣтятся, и что въ первое время послѣ паденія температура ихъ очень высока, уже давно усматривали въ треніи, которое они претерпѣваютъ въ воздухѣ. Теперь мы можемъ вычислить, что если-бы двигающееся тѣло могло удержать всю теплоту, получающуюся отъ тренія, то скорости 3,000 фут. въ секунду было-бы достаточно, чтобы при паденіи нагрѣть желѣзную массу метеора на 1,000°, т. е. привести его въ раскаленное состояніе. Но средняя скорость падающихъ звѣздъ разъ въ 30 или 50 больше: она равняется отъ 4 до 6 миль въ секунду; зато и значительная часть получающейся отъ тренія теплоты сообщается воздуху. Извѣстно, что свѣтлыя падающія звѣзды оставляютъ послѣ себя свѣтящійся слѣдъ,—вѣроятно, оторвавшіяся части раскаленной поверхности. Метеоры, падая на землю, часто разрываются, производя страшные взрывы,—результатъ сильнаго моментальнаго нагрѣванія. Обломки находили обыкновенно горячими, но не раскаленными, что объясняется тѣмъ, что въ теченіе короткаго промежутка времени, когда метеоръ падалъ черезъ атмосферу, только тонкій слой его поверхности успѣлъ раскалиться, а въ глубину массы проникло только незначительное количество теплоты, и поэтому температура каленія не могла долго сохраниться.

Такимъ образомъ паденіе метеоровъ,—жалкое подобіе тѣхъ грандіозныхъ явленій, которыя нѣкогда играли столь важную роль при образованіи небесныхъ тѣлъ,—привело насъ къ тому, что мы отъ неясныхъ гипотетическихъ представленій перешли къ яркому свѣту знанія. Впрочемъ, во всемъ этомъ гипотетично только предположеніе Канта и Лапласа, что масса нашей системы была сначала разсѣяна въ пространствѣ въ видѣ туманности. На нашей землѣ сохранились еще несомнѣнные признаки нѣкогда расплавленно-жидкаго ея состоянія. Структура гранитныхъ горъ могла образоваться только при кристаллизаціи расплавленныхъ массъ. Еще и теперь изслѣдованія температуры въ шахтахъ и буровыхъ отверстіяхъ показываютъ, что съ углубленіемъ внутрь земли температура увеличивается и, если-бы это увеличеніе шло равномѣрно, то на глубинѣ 10-ти миль она достигла-бы такой высоты, при которой плавятся всѣ извѣстные намъ минералы. Еще и теперь наши вулканы выбрасываютъ время отъ времени изъ глубины земли громадныя массы расплавленной руды, свидѣтельствующія о томъ кипѣніи, которое тамъ происходитъ. Но охладившійся слой земной коры сталъ уже настолько толстъ, что получаемое имъ изнутри количество теплоты (если принять во вниманіе его теплопроводность) очень незначительно въ сравненіи съ теплотою, получаемою имъ отъ солнца. Оно можетъ повысить температуру

поверхности земли только на $1/_{80}$ часть градуса, такъ что единственное вліяніе, которое оказываетъ запасъ прежней энергіи, сложенной внутри земного шара въ видѣ теплоты, на явленія на земной поверхности, это вулканическія изверженія. Явленія природы на землѣ получаютъ необходимую для нихъ рабочую энергію почти исключительно отъ другихъ небесныхъ тѣлъ,—отъ теплоты и свѣта солнца, а нѣкоторыя изъ нихъ,—приливы и отливы,—отъ силы притяженія солнцемъ и луною.

Всего богаче и разнообразнѣе область явленій, обязанныхъ своимъ происхожденіемъ теплотѣ и свѣту солнца. Оно нагрѣваетъ окружающую насъ атмосферу неравномѣрно; болѣе нагрѣтая и, слѣдовательно, менѣе плотная масса воздуха поднимается, а на ея мѣсто со стороны притекаетъ болѣе холодный и плотный воздухъ; такъ возникаютъ вѣтры. Въ наиболѣе широкихъ размѣрахъ это явленіе происходитъ на экваторѣ, гдѣ на нѣкоторой высотѣ надъ землею теплые слои воздуха направляются къ полюсамъ, а у самой поверхности земли пассаты гонятъ болѣе холодный воздухъ къ экватору. Безъ солнечной теплоты всѣ вѣтры прекратились-бы. Подобнаго-же рода теченія, и по той-же причинѣ, возникаютъ и въ моряхъ. О силѣ этихъ теченій можно судить по тому громадному вліянію, какое они оказываютъ на климатъ нѣкоторыхъ странъ. Они приносятъ теплую воду Антильскаго моря къ Британскимъ островамъ, доставляя имъ мягкій, равномѣрный, теплый климатъ и обильную влажность, и они-же гонятъ пловучіе льды сѣвернаго полюса, распространяющіе суровый холодъ, къ берегамъ Нью-Фаундлэнда. Благодаря солнечной теплотѣ, часть воды испаряется, поднимается въ верхніе слои атмосферы, сгущается, образуетъ облака или въ видѣ дождя или снѣга падаетъ опять на землю и ея горы, скопляется въ видѣ источниковъ, ручьевъ и рѣкъ, чтобы, наконецъ, снова излиться въ море, успѣвъ подточить скалы, смыть отдѣльные куски земли и, такимъ образомъ, повліять на геологическія ея измѣненія, а по дорогѣ, быть можетъ, и привести въ движеніе наши мельницы. Если-бы лишить землю солнечной теплоты, то на ней могло-бы сохраниться только одно движеніе воды,—приливы и отливы, вызываемые силою притяженія солнца и луны.

Но чѣмъ-же обусловливаются движеніе и работа органическихъ существъ? Строители автоматовъ прошлаго столѣтія представляли себѣ людей и животныхъ какъ нѣкотораго рода часовые механизмы, которыхъ не надо заводить, такъ какъ они черпаютъ энергію изъ самихъ себя; они не понимали еще связи между питаніемъ и энергіей организма.

Но съ тѣхъ поръ какъ мы познакомились съ источникомъ энергіи на паровой машинѣ, мы, естественно, спросимъ себя: не происходитъ-ли и въ человѣческомъ организмѣ нѣчто подобное? И въ самомъ дѣлѣ, продолженіе жизни неразрывно связано съ воспріятіемъ пищи, представляющей изъ себя сгораемый матеріалъ, который, дѣйствительно, будучи переваренъ и поступивъ въ кровь, подвергается медленному сгоранію въ легкихъ и, въ концѣ концовъ, вступаетъ въ такое-же соединеніе съ кислородомъ воз-

духа, какъ если-бы онъ сгорѣлъ на открытомъ огнѣ. Но такъ какъ количество теплоты, получившейся при горѣніи, не зависитъ ни отъ времени горѣнія, ни отъ промежуточныхъ состояній, черезъ которыя прошелъ матеріалъ до него, то по количеству сгорѣвшаго матеріала можно вычислить, сколько теплоты или эквивалентной ей механической энергіи получено организмомъ животнаго. Къ сожалѣнію, такіе опыты обставлены значительными затрудненіями, но въ предѣлахъ той точности, которой удалось нынѣ достигнуть, они показали, что количество пріобрѣтенной организмомъ теплоты дѣйствительно соотвѣтствуетъ тому количеству, которое должно получиться при химическихъ соединеніяхъ, въ немъ происшедшихъ. Такимъ образомъ человѣческій организмъ получаетъ теплоту и энергію точно тѣмъ же путемъ, что и паровая машина, но цѣли и способы расходованія этой энергіи у нихъ различны. Кромѣ того, человѣческій организмъ гораздо больше ограниченъ въ выборѣ пищи, чѣмъ паровая машина. Послѣднюю съ одинаковымъ успѣхомъ можно топить какъ сахаромъ, крахмаломъ и масломъ, такъ и каменнымъ углемъ и дровами; организмъ же долженъ искусственно растворять и распредѣлять полученныя вещества и, кромѣ того, непрерывно обновлять непрочный матеріалъ, изъ котораго онъ состоитъ, и такъ какъ онъ самъ не можетъ производить необходимую для этого матерію, то онъ долженъ воспринимать ее извнѣ. Либихъ первый обратилъ вниманіе на эти два существенно различныя назначенія воспринимаемой пищи. Матеріаломъ для обновленія тѣла могутъ служить только опредѣленныя бѣлковыя вещества, которыя находятся въ большомъ количествѣ въ растеніяхъ и изъ которыхъ, главнымъ образомъ, состоитъ организмъ животнаго. Они составляютъ только незначительную часть ежедневно принимаемой пищи, остальная же пища,—сахаръ, крахмалъ, жиръ,—представляетъ собою, дѣйствительно, топливо, и эти вещества, быть можетъ, только потому нельзя замѣнить каменнымъ углемъ, что онъ не растворимъ.

Но если процессы, происходящіе въ тѣлѣ животнаго, въ этомъ отношеніи ничѣмъ не отличаются отъ тѣхъ, которые происходятъ въ неорганическомъ мірѣ, то возникаетъ вопросъ, откуда берется та пища, которая служитъ источникомъ энергіи для животнаго организма?—Изъ царства растительнаго: только растенія и мясо животныхъ, питающихся ими, могутъ служить средствомъ питанія. Травоядныя животныя представляютъ собою только промежуточное состояніе, въ которомъ приготовляется пища для животныхъ плотоядныхъ (къ которымъ надо причислить и человѣка), изъ тѣхъ растеній, которыми они не могутъ питаться непосредственно. Въ сѣнѣ и травѣ содержатся, собственно говоря, тѣ же самые питательные элементы, что и въ ржи, только въ меньшемъ количествѣ. Но такъ какъ органы пищеваренія человѣка не въ состояніи выдѣлить изъ такой массы неудобоваримой пищи питательную ея часть, то мы предоставляемъ эту работу болѣе сильнымъ органамъ животныхъ, напримѣръ, быка: питательные элементы накопляются въ его мясѣ, и мы пользуемся имипотомъ

въ болѣе удобной и пріятной формѣ. Итакъ, нашъ вопросъ заводитъ насъ къ области растительнаго міра. При изслѣдованіи питанія и выдѣленій растеній, мы убѣждаемся, что питаніе ихъ составляютъ, главнымъ образомъ, тѣ продукты горѣнія, которые выдѣляетъ животный организмъ. Растенія впитываютъ въ себя изъ воздуха сгорѣвшій при дыханіи углеродъ—углекислоту, водородъ содержится въ орашающей ихъ водѣ, азотъ они принимаютъ въ видѣ самаго простого и прочнаго его соединенія—амміака и изъ всего этого вырабатываютъ, при помощи нѣкоторыхъ элементовъ, получаемыхъ изъ почвы, и бѣлокъ, и сахаръ, и жиръ,—все, что необходимо для жизни животнаго организма.

Здѣсь мы какъ будто имѣемъ кругъ превращеній, представляющій собою источникъ вѣчной энергіи. Растенія вырабатываютъ топливо и пищу, которыя воспринимаются животными и, медленно сгорая въ ихъ легкихъ, даютъ продукты горѣнія, которыми обусловливается жизнь растеній.

Растенія—вѣчный источникъ химической энергіи, животныя—механической. Итакъ, значитъ, совокупность этихъ двухъ органическихъ міровъ и образуетъ „perpetuum mobile“?—Нѣтъ, мы не имѣемъ права выводить такъ скоро заключеніе: дальнѣйшее изслѣдованіе показываетъ, что растенія могутъ вырабатывать пригодный для горѣнія въ легкихъ матеріалахъ только подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей. Часть солнечныхъ лучей обладаетъ замѣчательною способностью вызывать къ дѣйствію химическія силы, заставляя нѣкоторые элементы вступать въ соединеніе, а нѣкоторыя составныя тѣла—разлагаться. Эти лучи, лежащіе, большею частью, въ фіолетовой и ультрафіолетовой частяхъ спектра, называютъ поэтому химическими лучами. Ихъ вліяніемъ мы пользуемся при изготовленіи фотографическихъ портретовъ. Фотографическія пластинки представляютъ собой соединенія серебра, разлагающіяся въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ на нихъ попадаютъ солнечные лучи. Тѣ же самые лучи разлагаютъ въ зеленыхъ листьяхъ растеній углекислоту (несмотря на значительную силу сродства углерода и кислорода), кислородъ отдаютъ атмосферѣ, а водородъ въ соединеніи съ другими тѣлами, образуетъ древесину, крахмалъ, масло или смолу. Эти химическіе лучи исчезаютъ совершенно, когда они попадаютъ на зеленыя части растеній; поэтому на фотографическихъ изображеніяхъ онѣ оказываются совершенно черными, такъ какъ идущіе отъ нихъ солнечные лучи, лишенные входящихъ въ ихъ составъ химическихъ лучей, не могутъ больше вліять на серебряныя соединенія фотографическихъ пластинокъ.

Такимъ образомъ, способная производить химическое дѣйствіе сила исчезаетъ, тогда какъ въ растеніяхъ образуются и накопляются пригодные для горѣнія продукты, и кажется весьма правдоподобнымъ, что первое явленіе служитъ причиною второго. Впрочемъ, я долженъ замѣтить, что у насъ еще нѣтъ опытовъ, которые могли бы опредѣлить, соотвѣтствуетъ-ли химическая сила пропавшихъ лучей количеству накопившейся за это время въ растеніяхъ химической энергіи, и пока мы ихъ не имѣемъ, мы не можемъ быть увѣрены въ истинѣ предположеннаго нами соотно-

шенія. Если этотъ взглядъ подтвердится, то мы придемъ къ весьма лестному для насъ выводу, что всѣ силы, при помощи которыхъ живетъ и движется нашъ организмъ, исходятъ изъ самаго чистаго источника,—изъ солнечныхъ лучей, и что всѣ мы по происхожденію нисколько не ниже китайскаго императора, который себя одного называетъ сыномъ солнца. Но, конечно, того же происхожденія и всѣ низшія животныя,—до лягушекъ и пьявокъ включительно, весь растительный міръ и даже топливо, которымъ мы отапливаемъ наши печи и машины.

Итакъ, вы видите, что почти единственною причиною безконечнаго разнообразія безпрерывно мѣняющихся метеорологическихъ, климатическихъ, геологическихъ и органическихъ явленій на нашей землѣ служатъ солнечные лучи. Кромѣ того, солнце, а также и спутникъ земли,—луна,—вліяютъ на землю еще и инымъ способомъ, и этимъ-то вліяніемъ и обусловливается такое замѣчательное явленіе, какъ приливы и отливы.

И солнце, и луна вызываютъ силою притяженія на поверхности нашихъ океановъ двѣ исполинскія волны, обѣгающія землю въ направленіи кажущагося движенія упомянутыхъ планетъ. Обѣ волны, вызываемыя луною, вслѣдствіе ея сравнительной близости къ землѣ, приблизительно въ 3½ раза больше, чѣмъ волны, вызываемыя солнцемъ.

Гребень одной изъ этихъ волнъ находится въ той четверти земного шара, которая обращена къ лунѣ, гребень другой—въ противолежащей; тогда въ этихъ двухъ четвертяхъ земного шара происходитъ приливъ, а въ другихъ двухъ четвертяхъ—отливъ. Хотя въ открытомъ морѣ высота прилива едва равняется 3 футамъ, и только въ нѣкоторыхъ узкихъ каналахъ, гдѣ потоку воды приходится вступать въ узкое русло, она доходитъ до 30 футовъ,—однако, явленіе это, какъ показали исчисленія Бесселя, принадлежитъ къ числу самыхъ грандіозныхъ въ природѣ. Упомянутый ученый вычислилъ, что поверхность океана, равняющаяся четверти поверхности земного шара, во время прилива содержитъ на 200 кубическихъ миль больше воды, чѣмъ во время отлива; слѣдовательно, такое количество воды переносится въ теченіе 6¼ часовъ изъ одной четверти земного шара въ другую.

Явленіе прилива и отлива, точно такъ же, какъ и законъ сохраненія энергіи, стоитъ, какъ доказалъ еще Майеръ, въ тесной связи съ вопросомъ о вѣчности нашей планетной системы. Открытая Ньютономъ механическая теорія движенія планетъ показываетъ, что твердое тѣло, движущееся, подобно планетамъ, въ безвоздушномъ пространствѣ вокругъ солнца,—подъ вліяніемъ его притяженія вѣчно сохранитъ свое движеніе неизмѣннымъ. Но вокругъ солнца движется не одна планета, а нѣсколько, изъ которыхъ каждая можетъ нѣсколько измѣнить движеніе всѣхъ остальныхъ планетъ, благодаря дѣйствію взаимнаго тяготѣнія. Однако, Лапласъ, въ своемъ знаменитомъ сочиненіи „La Mécanique céleste“, доказалъ, что въ нашей планетной системѣ всѣ эти измѣненія, никогда не переходя извѣстнаго предѣла, періодически мѣняютъ

свой знакъ, такъ что всѣ они не нарушаютъ вѣчной неизмѣнности движенія системы.

При выводѣ этой теоріи я сдѣлалъ два предположенія: во-первыхъ, что движеніе происходитъ въ безвоздушномъ, абсолютно пустомъ пространствѣ, и во-вторыхъ, что солнце и планеты представляютъ собой твердыя тѣла. Справедливость перваго изъ нихъ подтверждается пока только тѣмъ, что при всѣхъ нашихъ наблюденіяхъ мы не могли открыть такихъ измѣненій въ движеніи планетъ, какія можно было бы приписать дѣйствію сопротивленія среды. Но въ движеніи одного небольшого небеснаго тѣла незначительной массы, именно кометы Энке, измѣненія такого рода были найдены: она описываетъ все суживающіеся эллипсы вокругъ солнца. Если это движеніе, вполнѣ соотвѣтствующее движенію въ сопротивляющейся средѣ, дѣйствительно происходитъ подъ вліяніемъ такого сопротивленія, то долженъ наступить моментъ, когда эта комета упадетъ на солнце, да и остальнымъ планетамъ грозитъ та же участь,—хотя, конечно, только послѣ такого промежутка времени, величины котораго мы не можемъ себѣ и представить.

Если существованіе сопротивляющейся среды и является для насъ еще сомнительнымъ, то тотъ фактъ, что планеты не представляютъ собою твердыхъ и неподвижныхъ массъ, не подлежитъ уже никакому сомнѣнію. Признаки существованія атмосферы найдены на солнцѣ, на Венерѣ, на Марсѣ, на Юпитерѣ и на Сатурнѣ, признаки воды и льда—на Марсѣ; да и земля имѣетъ большое количество жидкости на своей поверхности и еще, быть можетъ, бóльшее—внутри. Движеніе прилива и отлива какъ въ моряхъ, такъ и въ атмосферѣ сопровождается треніемъ; всякое треніе уничтожаетъ живую силу, — въ данномъ случаѣ уничтожается часть живой силы движенія нашей планетной системы.

Такимъ образомъ, мы приходимъ къ необходимому заключенію, что приливы и отливы непрерывно, хотя и очень медленно, уменьшаютъ запасъ энергіи въ нашей системѣ, причемъ вращеніе соотвѣтствующихъ планетъ вокругъ оси замедляется, и или онѣ приближаются къ солнцу, или ихъ спутники къ нимъ. Сколько времени должно пройти, прежде чѣмъ продолжительность нашего дня увеличится подъ вліяніемъ приливовъ и отливовъ на одну секунду, еще нельзя вычислить, такъ какъ еще неизвѣстны высота и время прилива для каждаго мѣста земли. Это измѣненіе продолжительности дня происходитъ очень медленно: Лапласъ вывелъ на основаніи наблюденій Гиппарха, что за 2000 лѣтъ продолжительность дня не измѣнилась и на $^1/_{300}$ секунды. Конечнымъ результатомъ всего этого, но только послѣ многихъ милліоновъ лѣтъ, будетъ то (если только море тѣмъ временемъ не замерзнетъ), что одна сторона земли будетъ постоянно обращена къ солнцу и будетъ имѣть вѣчный день, а другая—вѣчную ночь. Подобное положеніе мы видимъ на лунѣ по отношенію къ землѣ и на нѣкоторыхъ другихъ спутникахъ по отношенію къ ихъ планетамъ. Оно является, вѣроятно, результатомъ приливовъ и отливовъ, которые имѣли на нихъ мѣсто, когда онѣ были еще въ расплавленномъ жидкомъ состояніи.

Я бы не приводилъ этихъ выводовъ, которые отвлекаютъ насъ въ отдаленному будущему, если бы это не было неизбѣжно. Физико-механическіе законы — телескопы для нашего умственнаго зрѣнія: они проникаютъ въ глубокую тайну самаго отдаленнаго прошлаго и будущаго.

Остается еще одинъ существенный вопросъ относительно будущаго нашей земли,—вопросъ о ея температурѣ и освѣщеніи. Такъ какъ внутренняя теплота земли оказываетъ очень незначительное вліяніе на температуру поверхности, то рѣчь будетъ идти только о теплотѣ, получаемой отъ солнца. Можно вычислить, сколько теплоты излучается солнцемъ въ единицу времени на единицу земной поверхности, а изъ этого можно вычислить количество теплоты, излучаемой солнцемъ вообще въ теченіе какого-нибудь промежутка времени.

Такія вычисленія произвелъ французскій физикъ Пулье: онъ получилъ. что изъ поверхности солнца излучается столько теплоты, что на всей его поверхности ежечасно долженъ бы сгорать слой чистаго угля толщиною въ 10 футовъ, чтобы получить такое же количество теплоты,—въ годъ, слѣдовательно, слой толщиною въ $3\frac{1}{2}$ мили. Но если бы такое количество теплоты отнимали отъ всей массы солнца равномѣрно, то температура его понизилась бы въ годъ только на $1\frac{1}{3}$ градуса (если теплоемкость его принять равною теплоемкости воды).

Эти данныя даютъ намъ представленіе о количествѣ излучаемой солнцемъ теплоты сравнительно съ его объемомъ и поверхностью, но не опредѣляютъ, излучаетъ-ли солнце, какъ всякое раскаленное тѣло, только ту теплоту, которая въ немъ находилась съ самаго его возникновенія, или запасы ея все пополняются при помощи происходящихъ на его поверхности химическихъ процессовъ. Во всякомъ случаѣ, законъ сохраненія энергіи учитъ насъ, что ни одинъ процессъ, аналогичный извѣстнымъ намъ процессамъ на землѣ, не можетъ дать солнцу неисчерпаемый запасъ тепловой и свѣтовой энергіи. Но тотъ же законъ показываетъ, что имѣющагося на солнцѣ запаса энергіи хватитъ еще на безконечно большое количество времени. Относительно количества имѣющейся на солнцѣ химической энергіи мы не можемъ сдѣлать никакихъ предположеній, а количество теплоты на немъ можемъ опредѣлить только очень неточно. Но примемъ весьма правдоподобную гипотезу, что найденная астрономами незначительная плотность солнца при такой массѣ обусловливается высокой температурой его: тогда можно вычислить, что уменьшеніе діаметра солнца на $^1/_{10000}$ его теперешней величины выдѣлило бы количество теплоты, достаточное, чтобы покрывать расходуемую солнцемъ энергію въ теченіе 2100 лѣтъ; такое незначительное измѣненіе длины діаметра солнца можно было бы замѣтить только при помощи самыхъ точныхъ астрономическихъ наблюденій.

И въ самомъ дѣлѣ, за весь промежутокъ времени, съ котораго мы имѣемъ историческія свѣдѣнія, т. е. за 4000 лѣтъ, температура земной поверхности не обнаружила замѣтныхъ измѣненій. Конечно, въ доисторическія времена не дѣлали наблюденій при помощи тер-

мометра, но существуетъ указаніе на распространеніе въ то время культуръ нѣкоторыхъ растеній,—винограда, оливковаго дерева, которыя весьма чувствительны къ измѣненію средней температуры года, и мы находимъ, что эти растенія и теперь имѣютъ ту же границу распространенія, что и во времена Авраама и Гомера. Изъ этого мы можемъ убѣдиться въ постоянствѣ климата.

Но если запасъ энергіи на нашей планетѣ такъ великъ, что постоянное расходованіе ея въ теченіе всего времени существованія человѣчества не могло уменьшить его хоть сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ; если нельзя опредѣлить количество времени, необходимое для того, чтобы въ состояніи нашей планетной системы наступили бы хоть сколько-нибудь замѣтныя измѣненія,—то все-таки неумолимые законы механики указываютъ на то, что этотъ запасъ, ни откуда не пополняемый, когда-нибудь да истощится. Не должно-ли это внушать намъ какія-либо опасенія?

Люди оцѣниваютъ обыкновенно величіе вселенной согласно съ тѣмъ, сколько выгодъ и удобствъ обѣщаетъ ея устройство ихъ собственному роду; но исторія земли показываетъ, какой незначительный моментъ ея представляетъ собою періодъ жизни человѣчества. Какой-нибудь сосудъ вендовъ или римскій мечъ вызываютъ въ насъ представленіе о сѣдой древности. Мы молча смотримъ въ европейскихъ музеяхъ на памятники древнихъ ассиріянъ и египтянъ и тщетно стараемся представить себѣ то отдаленное время, къ которому они относятся,—а человѣческій родъ существовалъ и множился за много тысячелѣтій до постройки пирамидъ. На нашъ взглядъ, продолжительность исторіи человѣческаго рода равна, приблизительно, шести тысячелѣтіямъ; но какъ ни великъ этотъ промежутокъ времени, онъ ничтоженъ въ сравненіи съ тѣмъ, когда на землѣ еще не было людей, но процвѣтали другіе, теперь уже вымершіе, а тогда многочисленные и могучіе роды животныхъ и растеній,—когда на нашей родинѣ процвѣтало янтарное дерево и его драгоцѣнная смола падала въ море и на емлю,—когда въ Сибири, Европѣ и Сѣверной Америкѣ произра-зтали густыя рощи тропическихъ пальмъ, гдѣ жили мамонты с позднѣе слоны, остатки которыхъ мы и теперь еще иногда находимъ въ землѣ.

Геологи пытались, на основаніи различныхъ соображеній, опредѣлить время органической жизни на землѣ: они колеблются между 1—9 милліонами лѣтъ. И все-таки эти милліоны лѣтъ представляютъ собою только непродолжительный моментъ въ сравненіи съ тѣмъ, сколько времени земля пребывала въ расплавленномъ состояніи. На охлажденіе ея съ 2000° на 200° потребовалось бы, какъ можно вычислить на основаніи опытовъ Бишофа надъ охлажденіемъ базальта, около 350 милліоновъ лѣтъ. А ужъ передъ попыткой опредѣлить время, потребовавшееся для образованія изъ первоначальной туманной массы нашей планетной системы, останавливается даже самая смѣлая фантазія!

Итакъ, протекшій періодъ жизни человѣчества представляетъ собою только короткую волну въ океанѣ времени, и благопріятныя для его дальнѣйшаго существованія условія въ неорганической

природѣ обезпечены, повидимому, на гораздо больше тыс чѣмъ оно прожило: слѣдовательно, ни намъ, ни большо следующихъ за нами поколѣній съ этой стороны опаса чего. Но зато въ вулканической внутренности земли про ютъ свою работу силы газовъ, воды и еще нѣкоторыя д силы, вызвавшія прежніе геологическіе перевороты, которые гребли не одинъ органическій родъ. Онѣ раньше, чѣмъ тѣ сто отдаленныя космическія измѣненія, о которыхъ я говорилъ выш положатъ конецъ нашему существованію и принудятъ насъ уступить мѣсто новымъ, болѣе совершеннымъ видамъ животныхъ, какъ нѣкогда уступили мѣсто намъ и современнымъ намъ животнымъ мамонты и ихъ современники.

Такимъ образомъ нить, которую начали прясти въ темнотѣ тѣ, которые безплодно гонялись за призракомъ „perpetuum mobile", привела насъ къ общему закону природы, проливающему свѣтъ на возникновеніе и конецъ вселенной. Согласно съ этимъ закономъ, человѣческій родъ будетъ существовать еще долго, очень долго, но не вѣчно: ему угрожаетъ день суда, время наступленія котораго, къ счастью, остается намъ неизвѣстнымъ. Какъ каждый индивидуумъ долженъ примириться съ мыслью о своей смерти такъ долженъ примириться съ нею и весь человѣческій родъ онъ выполнитъ свое предназначеніе, когда разрѣшитъ тѣ высшія нравственныя проблемы, носителемъ которыхъ человѣческій родъ является преимущественно передъ всѣми другими родами животнаго міра.

Перевелъ *Л. Левенстернъ*.

